

ГИДРОГЕОХИМИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ ЗЕМЛИ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ

В ЧЕМ СУТЬ ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ?

С.Л. Шварцев, профессор

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Проблема эволюции подземной гидросферы – одна из наиболее сложных и практически неизученных. По сути, только Е.В. Посохов занимался этой проблемой, но он взялся за эволюцию гидросферы в целом, а не только подземную. Поверхностная же гидросфера и особенно океаны в этом плане была объектом изучения многих ученых как русских (В.И. Вернадский, А.П. Виноградов, В.И. Виноградов, Л.В. Пустовалов, А. Б. Ронов, М.Г. Валяшко, Л.А. Зенкевич, Ж.С. Сыдыков, Е.С. Гавриленко, А.Г. Вологдин, Н.М. Страхов, А.В. Сидоренко, Ю.П. Казанский и др.), так и иностранных (R.M. Garrels, H.D. Holland, A.C. Lane, F.T. Mackenzie, W.W. Rubey, H.C. Urey et al.). Поэтому Е.В. Посохов больше рассматривает проблему эволюции состава океанов и морей, чем подземной гидросферы. Что касается последней, то ее эволюция увязывается с эволюцией океанов, которую он рассматривает с позиций наличия в докембрийское время хлоридно-кальциевого типа морей, вода которых и явилась по его мнению праматерью всех существующих ныне вод планеты, включая и подземные.

Главным фактором эволюции гидросферы на ранних этапах геологической истории по мнению Е.В. Посохова являлся ювенильный фактор или магматическая деятельность планеты. С течением времени роль этого фактора ослабевала и на смену ему приходил биологический фактор, который доминирует и сегодня. Факторы эволюции Е.В. Посохов рассматривал и как движущие силы эволюции, с чем трудно согласиться. Движущей силой химической эволюции гидросферы он рассматривал опять же гидрологический фактор или точнее материковый сток и биологический или жизнедеятельность организмов. Е.В. Посохов под «эволюцией гидросферы» понимал «увеличение внутреннего разнообразия системы (рост информации) или повышение степени ее дифференцированности» [1, с.15]. Конечно, формулировка носит скорее философский, чем гидрогеологический смысл и она не вписывается в обычное геологическое понимание процессов эволюции. Результатом эволюции Е.В. Посохов считал увеличение разнообразия состава подземных вод. Если на ранних этапах своего существования гидросфера по этому автору была однообразной – хлоридно-кальциевой, то позже она разделилась на два сильно различающихся типа – морской и континентальный, а еще позже возникло то широкое разнообразие химических типов природных вод, которое наблюдается и в современный период. Каким образом совершалась эволюция состава воды Е.В. Посохов не раскрывает, отмечает только, что она протекала в тесном взаимодействии с эволюцией литосферы, биосферы и атмосферы. При этом на разных этапах механизм такой эволюции определялся разными факторами: климатом, тектоникой, вулканизмом, растительностью, микроорганизмами, температурой и т.д.

Наконец, какой смысл эволюции применительно к подземной гидросфере? Ведь она питается преимущественно атмосферными осадками, которые являются продуктом испарения воды, в процессе которого практически все соли остаются в испаряющемся растворе, т.е. преимущественно в океане. Объем же атмосферных осадков полностью меняется каждые 10 суток, т.е. 36 раз в год [2]. Значит ли это, что процесс эволюции начинается всегда с попадания в недра планеты воды одного и того же состава? Ответ на этот вопрос Е.В. Посохов не дает. Но понять это крайне важно, поскольку с этим вопросом связано понимание сути геологической эволюции в целом.

К сожалению, термин «эволюция» используется очень широко. Фактически любое даже незначительное изменение состояния любой системы или даже конкретного объекта часто называется эволюцией. Но это не верно. Под *эволюцией* в соответствии с подходом синергетики *следует понимать самопроизвольный процесс, приводящий к росту разнообразия форм, усложнению и увеличению связей в системе, появлению новых продуктов*. Такая эволюция происходит в том случае, если система аккумулирует из внешней среды дополнительное количество свободной энергии, а значит уменьшает энтропию [3]. Любые другие изменения системы или конкретного объекта – это просто развитие.

Прежде чем дать определение эволюции подземной гидросферы с гидрогеологических позиций, разберемся в сути этого явления. Как известно подземные воды имеют разный генезис [4], но основная масса воды попадает в недра из атмосферы в результате климатического круговорота, а растворенное вещество заимствуется в основном из горных пород. Поэтому в данной статье мы остановимся только на эволюции инфильтрационных вод.

Как нами показано ранее [5, 6], подземные воды в земной коре образуют с горными породами внутренне противоречивую равновесно-неравновесную систему: вода всегда растворяет одни минералы – неравновесные с раствором и формирует другие – равновесные с этим же раствором. Более того, как оказалось, установление равновесия подземных вод с базальтами, которые изначально сформировали нашу планету, в принципе невозможно. Это происходит потому, что образуемые в процессе взаимодействия воды с базальтами

по механизму гидролиза вторичные минералы (оксиды, гидроксиды, карбонаты, глины, цеолиты и т.д.) выступают геохимическими барьерами на пути установления равновесия воды с базальтами [7]. Следовательно, система вода – базальты всегда остается равновесно – неравновесной, т.е. способной к непрерывному геологически длительному взаимодействию, результатом которого является формирование принципиально новых образований – гидрогенно – минеральных комплексов. Под последними мы понимаем генетически связанные ассоциации минеральных, органических и растворенных в воде химических соединений, равновесных с породившей их средой, которые сформированы в результате эволюционного развития системы «вода – порода».

С появлением воды на земле возникла принципиально иная система, внутренне противоречивая, способная к непрерывному усложнению, поскольку из 2^х компонентов – воды и породы – формируется третий, состоящий из новой минеральной фазы, которая вместе с водой иного состава образует более сложный гидрогенно – минеральный комплекс, (например монтмориллонитовый), отличающийся наличием дополнительных структурных элементов, большим количеством физически связанной воды, размерами кристаллической решетки, приспособлением к конкретной геохимической среде, устойчивостью, составом и т.д.

Система «вода – базальты» является первой диссипативной структурой, которая развивается в области далекой от равновесия, а неравновесность, как известно, – не источник гибели, а напротив – основа становления упорядоченности, причина структурогенеза и эволюции системы в целом. Неравновесность создает противоречие в системе вода – базальты, которое является главной движущей силой эволюции, приводящей к изменению необратимых потоков энергии и вещества на фоне стремления эволюционирующих открытых систем к равновесию. Эта система в пределах земной коры (при $T < 400^{\circ}\text{C}$) развивается постоянно в нелинейной области термодинамической ветви в условиях, далеких от равновесия, и относится к типу абиогенных, диссипативных, играющих особую роль в прогрессивном развитии косной материи.

Простая исходная система, состоящая из горных пород, отвечающих по составу каменным метеоритам, и воды привела к формированию последовательно сменяющихся парагенетических комплексов вторичных минеральных образований, представленных разнообразными продуктами выветривания, осадочной седиментации, продуктов разной степени диа-и катагенеза, низкотемпературного метаморфизма, гальмиролиза и т.д., которые тесно ассоциируют с многочисленными геохимическими типами воды. Важно, что все эти вторичные продукты и геохимические типы вод при своем формировании и «размножении» постепенно усложняются по составу и структуре, включают новые фазы воды с изменением структуры последней и т.д. Все это очевидные признаки явлений усложнения в неживой материи, которые свидетельствуют в пользу принципиальной возможности прогрессивной эволюции в косной материи.

Система «вода – порода» по комплексу признаков, свойств и процессов формирует абиогенную диссипативную прогрессивно самоорганизующуюся структуру, которая возникла на самой ранней стадии развития Земли в момент появления свободной воды. Способность этой системы к прогрессивной эволюции определяет ее как одну из фундаментальных и базовых в развитии неорганической материи на пребиотическом этапе эволюционного становления диссипативных структур. Именно из этой системы возникло множество других, унаследовавших многие из ее свойств. Сформированные в результате эволюционного развития системы «вода – исходные горные породы», вторичные минеральные фазы и новые геохимические типы воды, приумножаясь, постепенно захватывали геологическое пространство, новые этажи литосферы, формировали новые геохимические среды, которые, в свою очередь, определяли образование новых минеральных фаз, влияющих на характер среды. И этот процесс геологически бесконечен. В этом суть самоорганизации в минеральном царстве, включающем зарождение, рост и пространственно-временное распространение новых структурных форм, минеральных образований, геохимических сред.

Следовательно, после появления воды на нашей планете начался грандиозный процесс разрушения одного типа пород – базальтов и создание другого – осадочных, равновесных с формирующимися в этих же процессах новыми геохимическими средами и поэтому устойчивых. В результате с поверхности земли базальты практически исчезли: они заменены осадочными породами, содержащими новые геохимические типы вод. Значит, сегодня атмосферные осадки попадают в основном не на базальтовые породы, а на дочерние продукты их водного преобразования – осадочные породы, которые развиты на тех же территориях, где раньше были базальты. Но эти осадочные породы по сравнению с базальтами более разнообразны по составу. Это и карбонаты и глины, и пески, и сланцы, и метаморфические породы, и гидротермально – измененные породы и т.д. Соответственно, попадая в эти разные породы и воды становятся иными, не похожими на те исходные, которые формировались в базальтах. Воды по составу здесь будут иными, если даже ведущие параметры климата не изменились. Хотя последнее маловероятно.

Подведем итоги: эволюция состава подземных вод заключается в изменении их состава в результате непрерывного растворения на первом этапе базальтов, а позже и других типов пород, образовании вторичных минеральных продуктов, растворении последних новыми порциями воды, как следствие формирование новых вторичных минералов и переходе системы на новый этап взаимодействия. Соответственно *под эволюцией состава подземной гидросферы* следует понимать *процесс его изменения, протекающий в ходе тесного взаимодействия с горными породами и газами, а позже и органическим веществом в течение всего времени взаимодействия на конкретной территории или земной коры в целом применительно к каждому генетическому типу подземных вод.*

Литература

1. Посохов Е.В. Химическая эволюция гидросферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 286 с.
2. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974. – 448 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 431с.
4. Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Шварцев С.Л., Богданов Г.Я., Борисов В.Н., Караванов К.П. Основы гидрогеологии. Общая гидрогеология. – Новосибирск: Наука, 1980. – 231 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд. 2е испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 367с.
6. Шварцев С.Л. Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода – горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция // Литосфера, 2008. – №6. – С.3–24.
7. Шварцев С.Л. С чего началась глобальная эволюция? //Вестник РАН, 2010. – №3. –С.235–244.

**ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ
РЕКИ УШАЙКИ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ТОМСКА**

Ю.С. Березикова

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Река Ушайка является наиболее загрязненным из нижних притоков р. Томи, относится к антропогенно измененным водным объектам. Наличие в ней загрязненной воды обусловлено ее местоположением. Участок нижнего течения р.Ушайки расположен в черте города Томска, в нее сбрасываются все стоки от близлежащих промпредприятий и воды ливневой канализации. Так же загрязнение р.Ушайки в значительной степени обусловлено притоком загрязненных талых и дождевых вод с городской территории, так как прибрежные территории реки захламлены, как по правому, так и по левому берегам [5].

Донные отложения – важный компонент водных экосистем. Они играют важную роль в формировании химического состава естественных вод, так как именно в них аккумулируется большая часть органических и неорганических веществ, в том числе наиболее опасных и токсичных. Оказывая содействие самоочищению водной среды, донные отложения могут стать и источником вторичного загрязнения водных масс. Таким образом, они являются надежным индикатором техногенного загрязнения, интегрально отражая геохимические особенности водосборных площадей [2, 3].

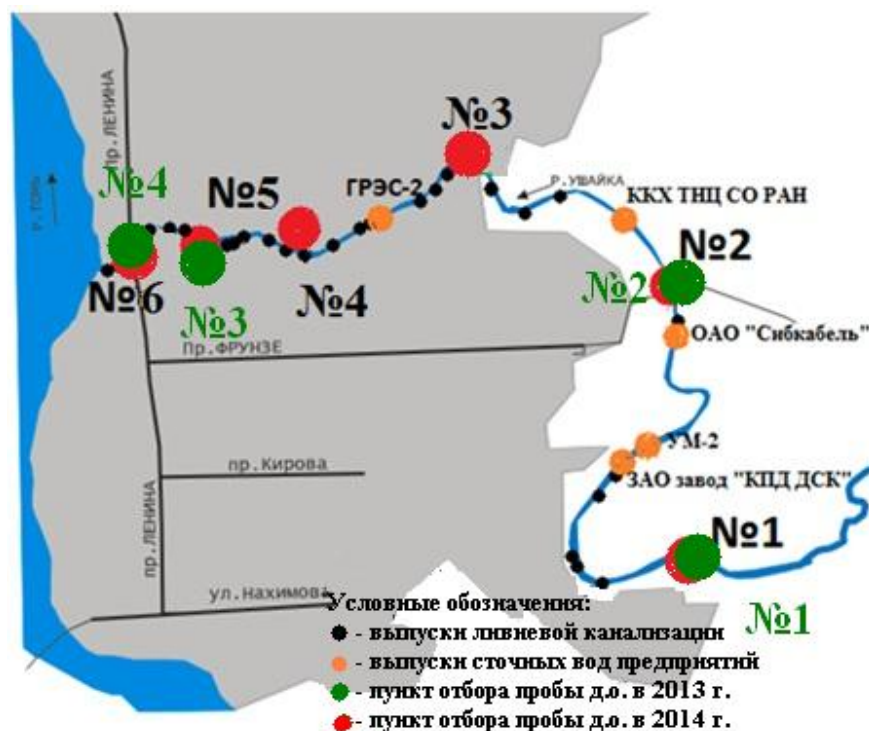


Рис. 1. Схема расположения пунктов отбора проб донных отложений на р. Ушайка

Целью данного исследования является обоснование мероприятий по восстановлению р. Ушайки в пределах г.Томска методом оценки стока влекомых наносов.

В ходе исследования, в соответствии с требованиями [1, 2], были выполнены отборы проб донных отложений р.Ушайки в пределах г. Томска. Места отборов выбирались на основании результатов обследования